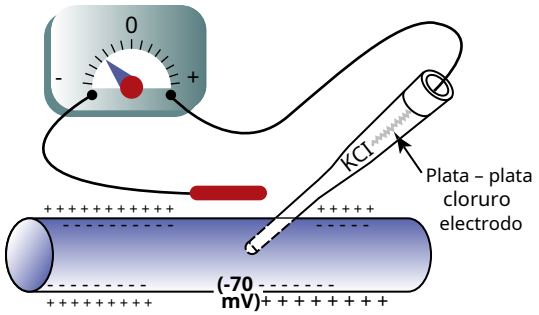

Figura 5-2 Medición del potencial de membrana de la fibra nerviosa mediante microelectrodo.

movimiento del ion a través de la membrana. Esta fuerza impulsora es igual a la diferencia entre el potencial (Vmetro) y el potencial de equilibrio del ion (Veq) Por lo tanto, Vdf = Vmetro - Veq.

El signo aritmético de Vdf (positivo o negativo) y la valencia del ión (catión o anión) se pueden utilizar para predecir la dirección del flujo de iones a través de la membrana, hacia adentro o hacia afuera de la celda. Para cationes como Na^+ y K^+, una V positivadf predice el movimiento de iones fuera de la celda por su electrogradiente químico y una V negativadf predice el movimiento de iones hacia la célula. Para aniones, como Cl^-, una V positivadf predice el movimiento de iones hacia la célula, y un V negativodf predicta el movimiento de iones fuera de la celda. Cuando Vmetro = Veq, no hay movimiento neto del ión dentro o fuera de la célula. También, la dirección del flujo de iones a través de la membrana se invierte a medida que Vmetro se vuelve mayor o menor que Veq; por tanto, el potencial de equilibrio (Veq) también se llama *potencial de reversión*.

Midiendo el potencial de la membrana

El método para medir el potencial de membrana es simple en teoría pero a menudo difícil en la práctica debido al pequeño tamaño de la mayoría de las células y fibras. **Figura 5-2** muestra una pequeña micropipeta llena de una solución de electrolitos. La micropipeta se empala a través de la membrana celular hasta el interior de la fibra. Otro electrodo, llamado *electrodo indiferente,* luego se coloca en el líquido extracelular y se mide la diferencia de potencial entre el interior y el exterior de la fibra utilizando un voltímetro apropiado. Este voltímetro es un aparato electrónico altamente sofisticado que es capaz de medir pequeños voltajes a pesar de una resistencia extremadamente alta al flujo eléctrico a través de la punta de la micropipeta, que tiene un diámetro de lumen generalmente menor de 1 micrómetro y una resistencia de más de 1 millón de ohmios. Para grabar rapido*cambios* en el potencial de membrana durante la transmisión de impulsos nerviosos, el microelectrodo está conectado a un osciloscopio, como se explica más adelante en el capítulo.

La parte inferior de **Figura 5-3** muestra el potencial eléctrico que se mide en cada punto en o cerca de la membrana de la fibra nerviosa, comenzando en el lado izquierdo de la figura y pasando por el derecho. Siempre que el electrodo esté fuera de la membrana neuronal, el potencial registrado

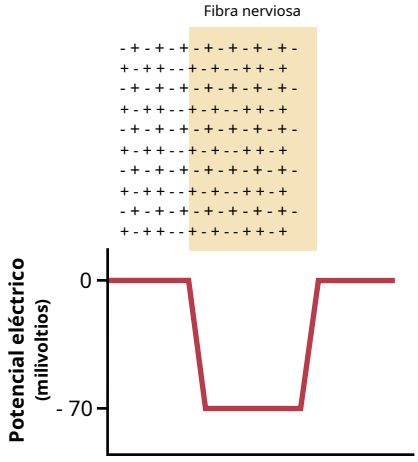

Figura 5-3 Distribución de iones cargados positiva y negativamente en el líquido extracelular que rodea una fibra nerviosa y en el líquido dentro de la fibra. Observe la alineación de las cargas negativas a lo largo de la superficie interior de la membrana y las cargas positivas a lo largo de la superficie exterior. los*panel inferior* muestra los cambios abruptos en el potencial de membrana que se producen en las membranas de los dos lados de la fibra.

es cero, que es el potencial del líquido extracelular. Luego, a medida que el electrodo de registro pasa a través del área de cambio de voltaje en la membrana celular (llamada*capa de dipolo eléctrico*), el potencial disminuye abruptamente a -70 milivoltios. Moviéndose a través del centro de la fibra, el potencial permanece en un nivel constante de -70 milivoltios, pero regresa a cero en el instante en que pasa a través de la membrana en el lado opuesto de la fibra.

Para crear un potencial negativo dentro de la membrana, solo los iones positivos suficientes para desarrollar la capa de dipolo eléctrico en la propia membrana deben transportarse hacia afuera. Los iones restantes dentro de la fibra nerviosa pueden ser tanto positivos como negativos, como se muestra en el panel superior de**Figura 5-3**. Por lo tanto, la transferencia de una cantidad increíblemente pequeña de iones a través de la membrana puede establecer el potencial de reposo normal de -70 milivoltios dentro de la fibra nerviosa, lo que significa que solo alrededor de 1 / 3.000.000 a 1 / 100.000.000 de las cargas positivas totales dentro de la fibra deben ser transferido. Además, un número igualmente pequeño de iones positivos que se mueven desde el exterior hacia el interior de la fibra puede revertir el potencial desde -70 milivoltios hasta +35 milivoltios en tan solo 1 / 10.000 de segundo. El desplazamiento rápido de iones de esta manera provoca las señales nerviosas que se comentan en secciones posteriores de este capítulo.

POTENCIAL DE NEURONAS DE MEMBRANA EN DESCANSO

El potencial de membrana en reposo de las fibras nerviosas grandes cuando no transmiten señales nerviosas es de aproximadamente -70 milivoltios. Es decir, el potencial*dentro de la fibra* es 70 milivoltios más negativo que el potencial en el líquido extracelular en el exterior de la fibra. En los siguientes párrafos, las propiedades de transporte de la membrana nerviosa en reposo para